

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Tomaž Jurič

Microsoft Kinect na računalnikih na enem vezju

DIPLOMSKO DELO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE
STOPNJE RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

MENTOR: viš. pred. dr. Borut Batagelj

Ljubljana 2014

Rezultati diplomskega dela so intelektualna lastnina avtorja. Za objavlanje ali izkoriščanje rezultatov diplomskega dela je potrebno pisno soglasje avtorja, Fakultete za računalništvo in informatiko ter mentorja.

Besedilo je oblikovano z urejevalnikom besedil \LaTeX .

Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Tematika naloge:

Začeni z računalniški igrami so klasične uporabniške vmesnike, kot so tipkovnica, miška in igralne ploščice zamenjali pripomočki oziroma brezdotični vmesniki, ki omogočajo bolj naravno igranje.

Kandidat naj opiše eno prvih takšnih naprav, Kinect podjetja Microsoft in tudi alternativne naprave, ki jih ponujajo drugi izdelovalci. Preveri naj tudi kaj potrebujemo za delovanje takšne naprave, tako strojno opremo kot programsko. Predvsem naj se omeji na računalnike na enem vezju in ugotovi ali so že dovolj zmogljivi, da bi jih lahko uporabljali v povezavi s temi napravami.

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Spodaj podpisani Tomaž Jurič,

z vpisno številko **63060137**, sem avtor diplomskega dela z naslovom:

Microsoft Kinect na računalnikih na enem vezju

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem diplomsko delo izdelal samostojno pod mentorstvom
viš. pred. dr. Boruta Batagelja,
- so elektronska oblika diplomskega dela, naslov (slov., angl.), povzetek (slov., angl.) ter ključne besede (slov., angl.) identični s tiskano obliko diplomskega dela,
- soglašam z javno objavo elektronske oblike diplomskega dela na svetovnem spletu preko univerzitetnega spletnega arhiva.

V Ljubljani, dne 11. septembra 2014

Podpis avtorja:

Zahvaljujem se mentorju viš. pred. dr. Borutu Batagelju za dobre nasvete in podporo pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvalil bi se tudi staršem, ki so mi omogočili študij v Ljubljani in me podpirali tekom študija. Zahvalil bi se tudi puncu in prijateljem za podporo v času izdelave diplomske naloge.

Kazalo

Povzetek

Abstract

1	Uvod	1
2	Predstavitev Kinecta	3
2.1	Kinect za Xbox 360	3
2.2	Komponente in tehnične specifikacije Kinecta	3
2.3	Zgodovina Kinecta	4
2.4	Alternative Kinecta	5
2.4.1	CREATIVE SENZ3D	6
2.4.2	ASUS Xtion	6
2.4.3	SoftKinetic	7
2.4.4	Kinect v2 za Windows	7
2.5	Uporabnost Kinecta	10
2.6	Kinect na računalnikih z operacijskim sistemom Windows	10
2.7	Zaznava gest	11
3	Predstavitev različnih računalnikov na enem vezju	13
3.1	Raspberry Pi	13
3.1.1	Programska oprema	15
3.1.2	Strojna oprema	15
3.2	UDOO	17
3.2.1	Programska oprema	17
3.2.2	Strojna oprema	18

KAZALO

3.3	Odroid	19
3.3.1	Programska in strojna oprema	19
3.4	Wandboard	20
3.4.1	Programska oprema	21
3.4.2	Strojna oprema	23
3.5	Primerjava	24
4	Različne knjižnice in SDK-ji na različnih operacijskih sistemih	27
4.1	OpenNI	27
4.2	OpenNI2	28
4.3	NITE	29
4.4	OpenKinect	29
4.5	Microsoft Kinect SDK	31
4.6	Kinect za Windows SDK 2	32
4.7	Pregled aplikacij, razvitih z odprtokodnimi orodji	34
4.7.1	Libfreenect	34
4.7.2	OpenNI	34
4.8	Povzetek	35
5	Implementacija knjižnic na različne SBC	37
5.1	Postopek dela	37
5.2	Pregled obstoječih rešitev	39
5.3	Implementacija na RPI	40
5.4	Implementacija na Wandboardu	40
5.5	Povzetek	41
6	Sklepne ugotovitve	43
	Slike	45
	Tabele	47

Terminologija

SDK – Software Development Kit – orodje za razvoj aplikacij

RGB – Read, Green, Blue – barvna shema, ki jo sestavljajo rdeča, zelena, modra barva

IR – Infrared Light – infrardeči žarek

VGA – Video Graphics Array – video-grafično polje

HD – High-definition – visoka ločljivost

SBC – Single-board computer – računalnik na enem vezju

RPI – RaspberryPI – računalnik na enem vezju, imenovan RaspberryPI

ARM – Advanced RISC Machine – mikroprocesor RISC

RISC – Reduced Instruction Set Computer – računalnik s skrčenim naborom ukazov

API – Application Program Interface – aplikacijski programski vmesnik

720p, 1080p – visoko-ločljivostni video format, pri katerem sliko sestavlja 720/1080 slikovnih elementov, »p« pa predstavlja progresivno skeniranje

Hard float – strojni cikli plavajoče vejice

Soft float – programski cikli plavajoče vejice

CPE – centralno-procesna enota

GPE – grafično-procesna enota

3D – tridimenzionalno

Povzetek

V diplomski nalogi sem predstavil zmogljivo napravo Microsoft Kinect, njene alternative in zgodovino začetka projekta Kinect ter sodelovanje pri projektu (poleg Microsoftu).

Opisal sem različne računalnike na enem vezju, njihovo programsko in strojno opremo, pa tudi različne knjižnice in orodja za razvoj aplikacij, na katerih lahko razvijamo aplikacije za Kinect. V poglavju *Implementacija knjižnic na različne računalnike na enem vezju* pa sem opisal postopke in težave pri nameščanju posameznih knjižnic na računalnike na enem vezju, ki delujejo na arhitekturi ARM.

Ključne besede: Microsoft Kinect, računalniki na enem vezju, OpenNI, NiTE, RaspberryPI, UDOO, Wandboard, Odroid, OpenKinect.

Abstract

In a thesis I introduced a powerful Microsoft Kinect device with its alternatives, history of the beginning of the Project Kinect and other associates at the project (beside Microsoft).

I described various Single-board computers, including their software and hardware. I described also various libraries and software development kit, which could be the basis for Kinect applications development. In chapter Library implementation on various Single-board computers I described problems and procedures at installation of individual libraries on Single-board computers, which work on the ARM architecture.

Keywords: Microsoft Kinect, Single-board computers, OpenNI, NiTE, RaspberryPI, UDOO, Wandboard, Odroid, OpenKinect.

Poglavje 1

Uvod

Microsoft Kinect je tridimenzijski (v nadaljevanju 3D) senzor globine, ki se uporablja predvsem za igranje iger na konzoli Xbox 360 in Xbox one. Kot naprava je Kinect zelo uporaben na skoraj vseh področjih, kjer sta prisotna računalnik in ekran, vendar pa njegov potencial, kljub Microsoftovemu naporu, še ni povsem izkoriščen. Microsoft je izdal zelo kakovostno orodje za razvoj aplikacij (angl. Software development kit, SDK) za računalnike z operacijskim sistemom Windows. Obstaja tudi nekaj odprtokodnih rešitev za operacijski sistem Linux, ki pa naj bi delovale tudi na cenejših računalnikih na enem vezju (angl. Single-board computer, SBC) z arhitekturo ARM.

Cilj diplomske naloge je implementacija Microsoft Kinecta na cenovno čim bolj ugoden SBC, ki deluje na operacijskem sistemu Linux in arhitekturi ARM.

Predstavljal bom, kaj Kinect sploh je, njegovo zgradbo, zgodovino in alternative. V nadaljevanju bom opisal različne SBC, in sicer njihovo strojno in programsko opremo. Opisal bom tudi različne knjižnice in njihovo delovanje na različnih operacijskih sistemih. V okviru poglavja implementacija knjižnic bom opisal ugotovitve različnih projektov, ki so bili predstavljeni na to temo, ter moje izkušnje pri testiranju Kinecta na različnih SBC.

Poglavje 2

Predstavitev Kinecta

2.1 Kinect za Xbox 360

Kinect je senzor gibanja, ki ga je razvilo podjetje Microsoft, in omogoča uporabo konzole ali računalnika brez dodatnih igralnih ploščkov, mišk ali tipkovnic [14]. Razvili so ga za igralno konzolo Xbox 360 za namene igranja iger. Kasneje so ga prilagodili tudi računalnikom z operacijskim sistemom Windows, kjer pa je uporabnost skoraj neskončna. Leta 2011 so izdali SDK za Xbox, s katerim lahko razvijalci razvijajo v C++, C#, ali Visual Basic, za računalnike z operacijskim sistemom Windows pa so ga izdali leto kasneje kot za Xbox 360.

Kinect temelji na programski opremi angleškega podjetja Rare, ki ga je leta 2002 kupil Microsoft, ter na infrardečem sprejemniku in oddajniku, ki skupaj tvorita globinski senzor, podjetja PrimeSense iz Izraela, ki ga je sedaj kupilo podjetje Apple.

2.2 Komponente in tehnične specifikacije Kinecta

Kinect je majhna naprava, sestavljena iz stojala, v katerem je motorček, in glavnega dela, na katerem so senzorji. Kot je razvidno s Slike 2.1, je Kinect sestavljen iz več komponent, in sicer barvne kamere (v nadaljevanju RGB kamera), globinskega senzorja, ki je sestavljen iz infrardečega (v nadaljevanju IR) oddajnika in



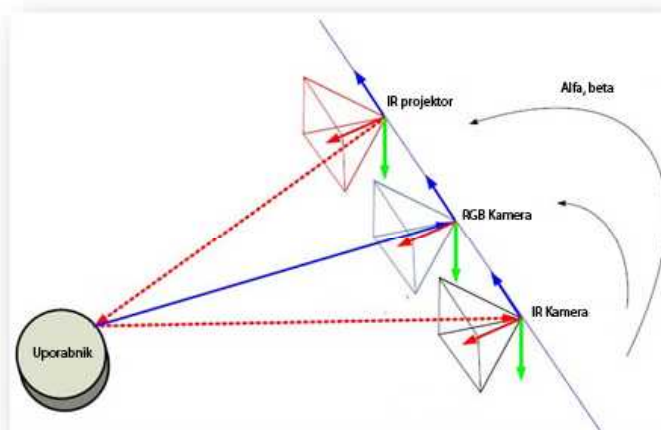
Slika 2.1: Komponente MS Kinecta

sprejemnika, ter štirih mikrofонов. Te komponente in seveda ustrezna programska oprema služijo za prepoznavo do 6 teles, na dveh telesih pa zaznajo do 20 sklepov telesa. Komponente omogočajo tudi 3D zaznavo gibanja, prepoznavanje obraza in glasu [21]. Zaznava glasu je trenutno omogočena za prebivalce Avstralije, Kanade, Francije, Nemčije, Irske, Italije, Japonske, Mehike, Novo Zelandije, Anglije in ZDA [14].

Globinski senzor je sestavljen iz IR laserskega projektorja in enobarvnega CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) senzorja. Njegovo delovanje je prikazano na Sliki 2.2, ki predstavlja pošiljanje in sprejemanje IR signalov ter zajem 3D slike okolice. Dolžina globinskega senzorja je nastavljiva ali pa se samodejno prilagaja glede na pozicijo ljudi v prostoru [9].

2.3 Zgodovina Kinecta

Kinect so 1. junija 2009 napovedali pod imenom »Natal«. Ime je izbrano po Microsoftovi tradiciji določanja imen in gre za brazilsko rojstno mesto Microsoftovega direktorja in odgovorne osebe za projekt Kinect Alexa Kipmana.



Slika 2.2: Delovanje globinskega senzorja

Natal pa hkrati pomeni tudi v ali v zvezi z rojstvom. S samim imenom projekta so napovedali t.i. rojstvo nove generacije domačega razvedrila.

Na predstavitvi Kinecta na Microsoftovem dogodku E3 2009 (Electronic Entertainment Expo) Media Briefing so bile predstavljene tri demo verzije, in sicer Ricochet, Paint Party in Milo&Kate. Tehnologija skeletnih točk, ki je bila predstavljena na E3 2009, je bila zmožna sočasnega sledenja štirim ljudem in prepoznave 48 skeletnih točk človeškega telesa pri 30 slikah na sekundo. Microsoft je 31. oktobra 2011 napovedal začetek komercialne različice Kinecta za računalnike z operacijskim sistemom Windows in SDK. Microsoftov produktni vodja je ob tem dejal: »Sodelujemo z veliko organizacijami, katerim pomagamo pri odkrivanju, kaj vse je mogoče ustvariti s to tehnologijo.«

Komercialne različice za operacijski sistem Windows so prišle na trg 1. februarja 2012, takrat pa je že več kot 300 podjetij iz več kot 25 držav delalo na aplikacijah za Kinect [14].

2.4 Alternative Kinecta

Kinect ima na področju igranja igrice na konzolah kar nekaj konkurence, in sicer Wii Remote Plus za Wii in Wii U, PlayStation Move oziroma PlayStation Eye za



Slika 2.3: CREATIVE SENZ3D

PlayStation 3 in PlayStation Kamera za PlayStation 4.

Poleg tega pa ima Kinect tudi na računalniškem področju konkurenčne naprave, kot so CREATIVE SENZ3D, ASUS Xtion, SoftKinetic, Kinect v2 za Windows, ki so predstavljene v nadaljevanju.

2.4.1 CREATIVE SENZ3D

CREATIVE SENZ3D, prikazan na Sliki 2.3, z globinskim senzorjem za zaznavo gest, deluje na računalnikih z operacijskim sistemom Windows ter zaznava geste rok in obraza. Ima HD kamero z ločljivostjo 720p in dva mikrofona. Za razvijalce je pripravljeno razvijalsko orodje, ki ga je razvilo podjetje Intel, in se imenuje zaznavno računalništvo (angl. Perceptual Computing), s katerim je mogoče razvijati igrice in razne aplikacije. [3].

2.4.2 ASUS Xtion

ASUS Xtion ima globinski senzor z ločljivostjo VGA 640 x 480 pri 30 slikah na sekundo. Deluje tako na operacijskem sistemu Windows kot tudi na Linux na arhitekturi x86 in ARM . Prepozna celoten skelet uporabnika ter je idealen za razvoj iger in aplikacij. Podprti programski jeziki pa so C++/C# (Windows), C++ (Linux) in JAVA [43].



Slika 2.4: DepthSense® 311

2.4.3 SoftKinetic

SoftKinetic je eno izmed redkih podjetij, ki aktivno razvija tehnologijo za potrošniško rabo in tudi strokovni trg. Razvili so več Kinectu podobnih naprav, med katerimi sta DS325, ki zaznava geste z rokami in prsti, in DS311 (Slika 2.4), ki zaznava celo telo in roke ter prste in je primerljiv s Kinectom, vendar je v primerjavi z njim dosti dražji. Razvili so tudi platformo IISU (angl. The Interface is You), ki služi popolni zaznavi gest. Podpira zaznavo skeleta uporabnika, zaznavo rok in prstov. IISU je uporabilo podjetje Ubisoft pri razvoju igrice Just Dance za igralno konzolo Play Station 4. SoftKineticove kamere podpirajo tudi Intelov PC SDK, ki podpira zaznavo obraznih potez, zvoka, prstov, rok in skeleta uporabnika. Delujejo samo na računalnikih z operacijskim sistemom Windows, za razvijanje pa se uporabljajo orodja, kot so Unity3D in Adobe Flash, ter programski jeziki C, C++, C# [35].

2.4.4 Kinect v2 za Windows

Naslednja generacija Kinecta, prikazana na Sliki 2.5, je izboljšana na več področjih: ponuja HD barvni video z ločljivostjo 1080p, boljše sledenje okostju telesa, nov IR senzor, knjižnice za razvijalsko orodje Unity3D, boljše globinsko zaznavo. Tabela 2.1 prikazuje primerjavo s Kinectom prve generacije.

Izboljšave	Opis	Potencialne aplikacije/ izboljšave
Izboljšano sledenje sklepom.	Z izboljšano globinsko kamero in programsko opremo je prišlo do nadaljnjega razvoja skeletnega sledenja. Sedaj je možno slediti šestim popolnim okostjem (prvotni senzor je omogočal le sledenje dvema) in 25 sklepom posameznega uporabnika (prvotni senzor le 20), kar omogoča bolj anatomsko pravilno in stabilno podobo položajev uporabnika.	Omogoča stabilnejši prikaz likov, natančnejšo oceno položaja telesa, boljše interakcije in večjo vpletenost uporabnikov v interaktivne scenarije.
Globinska zaznava pri ločljivosti 512 x 484 pri 30 slikah na sekundo. Prostor zaznave: 70 x 60 stopinj do dolžine 5 metrov.	Z večjo natančnostjo globine in bistveno izboljšanim vidnim poljem senzor Kinect v2 ponuja izboljšano 3D vizualizacijo z lažjo in bolj jasno zaznavo manjših predmetov in boljšo stabilnostjo skeletnega sledenja.	Izboljšana 3D vizualizacija je uporabno na primer za fitnese, velnese in razvedrilo.

Barvna kamera z ločljivostjo 1080p s 30 slikami na sekundo (15 slik na sekundo pri šibki svetlobi).	Barvna kamera lahko posname video z visoko ločljivostjo 1080p, kar omogoča lepšo zaznavo. Izboljšanje video komunikacije in aplikacije z videoanalitiko pomeni velik prispevek pri nadaljnjem razvoju visokokakovostnih in bolj resničnih scenarijev.	Izgradnja visokokakovostnih in bolj resničnih scenarijev, na primer digitalne signalizacije za maloprodajo, muzeje in javne prostore.
Nove aktivne IR zmožljivosti pri ločljivosti 512 x 484 pri 30 slikah na sekundo.	Kinect v2 senzor za Windows omogoča zaznavo v temi, z novo IR kamero proizvaja pogled, neodvisen od svetlobe, ki omogoča lažje strojno učenje oziroma nove zmožljivosti na osnovi računalniškega vida.	Nove aplikacije za strojno učenje.
Večje/razširjeno vidno polje.	Razširjeno vidno polje omogoča, da kamera zajame večjo površino prostora. Rezultat tega je, da so lahko uporabniki bližje kameri in so še vedno vidni.	Večja učinkovitost na večji površini.

Tabela 2.1: Izboljšave Kinect v2 senzorja [16]



Slika 2.5: Senzor MS Kinect v2

2.5 Uporabnost Kinecta

Kinect se zaradi svoje cene in kompatibilnosti uporablja na različnih področjih, kot so oglaševanje, robotika in igranje iger. Primer uporabe v praksi je prikazan na Sliki 2.6. Sprva je bil namenjen igranju iger, pri čemer ni bilo več potrebno sedeti in držati v rokah igralnega ploščka, temveč je uporabnik za igranje uporabljal svoje celotno telo. Prvi resni predhodnik Kinecta na področju igranja iger je bil Sonyjev EyeToy za PlayStation 2, ki pa je imel kar nekaj pomanjkljivosti, med katerimi sta bili pomembni potreba po dobro osvetljeni sobi in dejstvo, da mora naprava igralca najprej prepoznati s pomočjo določitve pozicije rok.

Ob prihodu Kinecta na računalnike z operacijskim sistemom Windows so se možnosti razširile in Kinect je dobil čisto drug pogled, saj uporabnikom računalnikov ni potrebno direktno pritisniti nanj, temveč ga lahko upravljajo na daljavo s pomočjo gest ali preprosto z glasom. Sedaj ga uporabljajo različna podjetja pri svojih projektih v medicini, športu, izobraževanju itd. [25].

2.6 Kinect na računalnikih z operacijskim sistemom Windows

Microsoft je 16. 6. 2011 izdal nekomercialno Kinect razvijalsko orodje za Windows 7 v 12 državah. S tem je dal možnost razvijalcem, da razvijajo aplikacije v C++, C# in Visual Basic programskih jezikih s pomočjo Microsoftovega integriranega razvijalskega okolja Visual Studio 2010 [17]. S tem razvijalskim orodjem je bilo



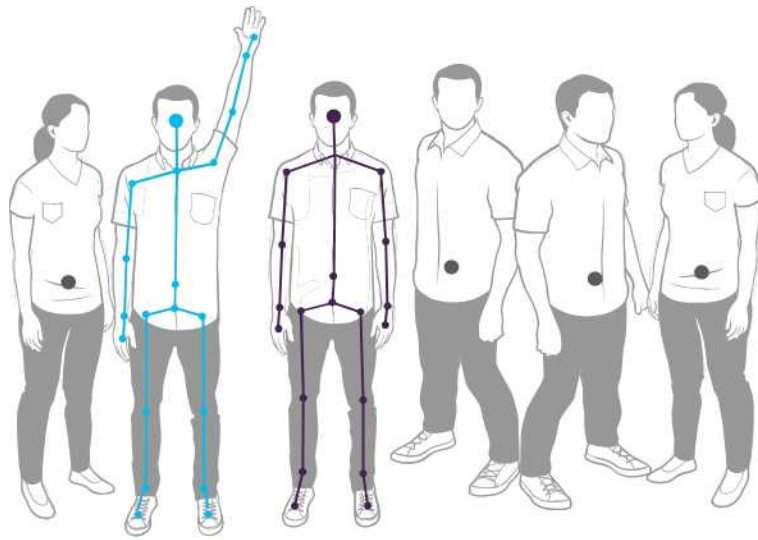
Slika 2.6: Primer uporabe MS Kinecta

možno dobiti podatke globinskega senzorja in RGB kamere, možna sta bila tudi sledenje okostju telesa in zaznava naprednih zvočnih gest.

Leto kasneje je Microsoft obvestil, da bo izdal novo verzijo razvijalskega orodja, in sicer verzijo 1.5, ki jo je objavil 21. 5. 2012 in je podpirala 19 jezikov, ter nov Kinect Studio za razhroščevanje in testiranje Kinect aplikacij. Dodali so sledenje rok, vratu, glave, tako imenovan 10-skupni sistem za sledenje okostju telesa, in glasovno prepoznavo za več jezikov [14]. Izdali so še tri verzije: 1.6 8. 10. 2012, 1.7 18.3.2013 in 1.8 19. 8. 2013, potem pa so junija 2014 izdali prenovljen Kinect [36].

2.7 Zaznava gest

Gesta, tudi kretnja, predstavlja eno izmed oblik nebesedne komunikacije, pri kateri neko sporočilo sporočamo na več različnih nebesednih načinov, kot recimo z gibi telesa, telesno držo, obrazno mimiko, glasom, očmi in dotikom. Geste se uporabljajo hkrati z verbalno komunikacijo, torej skupaj z izrečenimi besedami, in so del našega načina komuniciranja z drugimi ljudmi, hkrati pa predstavljajo tudi eno izmed najstarejših oblik sporočanja. Gest ne smemo enačiti z znakovnim jezikom, saj predstavljajo le dopolnilo govoru in s pomočjo katerih se posreduje



Slika 2.7: Zaznava skeletnega toka

misli, občutke ali celotna sporočila, sam znakovni jezik pa predstavlja nadomestilo govoru in ga v ta namen uporabljajo gluhoonemi.

Z različnimi knjižnicami in programskimi orodji lahko s Kinectom zaznavamo različne geste rok, prstov na roki, dlani, obrazne poteze, sledimo ljudem. Sledenje deluje tako, da Kinect prepozna skeletni tok, kar pomeni, da prepozna sklepe na uporabniku, kot kaže Slika 2.7. Kinect omogoča prepoznavo do šest uporabnikov, sledi pa lahko dvema [7].

Poglavje 3

Predstavitev različnih računalnikov na enem vezju

Računalniki na enem vezju (angl. Single-board Computer, SBC) so računalniki, ki imajo eno matično ploščo, na kateri so mikroprocesor, spomin, vhodno-izhodne komponente in vse, kar je potrebno, da računalnik deluje (Slika 3.1). SBC so bili narejeni za razvijalske, demonstracijske in izobraževalne namene. Za razliko od namiznih računalnikov imajo omejene komponente, na primer le eno mesto za priklop ekrana, eno USB rezo itd., in niso nadgradljivi, ker je vse povezano z eno matično ploščo. Imajo zelo omejeno moč in se navadno uporabljajo za komponente v večjih sistemih. Večina jih deluje na arhitekturi ARM, nekaj pa jih najdemo tudi z arhitekturo x86 [32].

3.1 Raspberry Pi

RaspberryPI (RPI), prikazan na Sliki 3.1, je eden prvih serijskih SBC, ki je bil prvotno namenjen predvsem izobraževalnim namenom na področjih Afrike in Azije, kmalu pa je zaradi svoje nizke cene prešel v širšo rabo.

RPI predstavlja cenovno ugoden računalnik v velikosti kreditne kartice, ki se vključi v računalniški monitor ali televizor, zraven se priključita in uporabljata standardna tipkovnica ter miška. RPI kljub svoji velikosti predstavlja zmogljivo napravo, ki omogoča ljudem vseh starosti raziskovanje računalništva in učenje



Slika 3.1: Primer SBC – RaspberryPI

programiranja v jezikih, kot sta na primer Scratch in Python. RPI je sposoben narediti vse tako kot namizni računalnik – brskanje po internetu, predvajanje video posnetkov visoke ločljivosti, urejanje besedil, igranje iger itd.

Poleg tega RPI omogoča komunikacijo z zunanjim svetom in je bil uporabljen v različnih digitalnih projektih od glasbenih naprav, vremenskih postaj do čivkajočih ptičjih hišic z infrardečimi kamerami.

Fundacija Raspberry Pi (originalno The Raspberry Pi Foundation) je registrirana kot izobraževalna dobrodelna organizacija v Veliki Britaniji. Njen cilj je nadaljevanje in pospeševanje izobraževanja odraslih in otrok, zlasti na področju računalništva in informatike [41].

3.1.1 Programska oprema

Programska oprema RPI temelji na Linux jedru, procesor ARM11 pa temelji na verziji 6, za katero pa ni podpore priljubljenih Linux distribucij, vključno z Ubuntu. Paket za nameščanje se imenuje NOOBS, vključuje pa naslednje operacijske sisteme [30]:

- Archlinux ARM,
- OpenELEC,
- Pidora (Fedora distribucija),
- Raspbmc in XBMC medijski center,
- RISC OS (operacijski sistem za računalnike z arhitekturo ARM).

Raspbian je primarni operacijski sistem za RPI, ki temelji na Debian 7 'Wheezy' operacijskem sistemu. Napisan je bil za novejšje procesorje ARMv7, bil pa je preveden tudi za ARMv6, kjer deluje počasneje. Minimalna kapaciteta spominske kartice je 2 GB, priporočljiva pa 4 GB. V sklopu programskega paketa najdemo tudi PI trgovino, ki ponuja kar nekaj programskih orodij.

Drugi operacijski sistemi so še: openSUSE, Raspberry Pi Fedora distribucija, Slackware ARM, FreeBSD in NetBSD, Moebius, OpenWrt, Kali Linux, Instant WebKiosk, Ark OS, Minepion [41].

3.1.2 Strojna oprema

RPI organizacija je izdala tri modele strojne opreme, in sicer model A, ki je izšel februarja 2012, model B z izidom v začetku leta 2013 in model B+ z izidom julija 2014. Razlika med modeloma A in B je majhna, razlikujeta se predvsem v tem, da model A nima mrežne kartice ter ima samo eno USB režo in 256 MB pomnilnika, model B+ pa ima 4 USB reže in je bolj varčen. Spodaj je primerjalna Tabela 3.1 vseh treh modelov.

	Model A	Model B	Model B+
Cena	25 \$	35 \$	35 \$

Vezje	Broadcom BCM2835	Broadcom BCM2835	Broadcom BCM2835
CPE	700MHz ARM1176JZF-S	700MHz ARM1176JZF-S	700MHz ARM1176JZF-S
GPE	Broadcom Video- Core IV @ 250 MHz OpenGL ES 2.0 (24 GFLOPS)	Broadcom Video- Core IV @ 250 MHz OpenGL ES 2.0 (24 GFLOPS)	Broadcom Video- Core IV @ 250 MHz OpenGL ES 2.0 (24 GFLOPS)
Polnilnik (SDRAM)	256 MB (skupaj s GPE)	512 MB (skupaj s GPE)	512 MB (skupaj s GPE)
Video vhod	15-pin MIPI vme- snik (CSI) pri- ključek, ki se upo- rablja z Raspber- ryPi dodatno ka- mero	15-pin MIPI vme- snik (CSI) pri- ključek, ki se upo- rablja z Raspber- ryPi dodatno ka- mero	15-pin MIPI vme- snik (CSI) pri- ključek, ki se upo- rablja z Raspber- ryPi dodatno ka- mero
Video izhod	HDMI ločljivost od 640 x 350 do 1920 x 1200 DSI (Display Se- rial Interface) pri- ključek za LCD Analogni video priključek (stan- dard PAL in NTSC)	HDMI ločljivost od 640 x 350 do 1920 x 1200 DSI (Display Se- rial Interface) pri- ključek za LCD Analogni video priključek (stan- dard PAL in NTSC)	HDMI ločljivost od 640 x 350 do 1920 x 1200 DSI (Display Se- rial Interface) pri- ključek za LCD Analogni video priključek (stan- dard PAL in NTSC)
Zvok	3.5 mm zvočni priključek in HDMI	3.5 mm zvočni priključek in HDMI	3.5 mm zvočni priključek in HDMI
USB 2.0	1	2	4

Prostor za spominsko kartico	SD/MMC/SDIO kartica	SD/MMC/SDIO kartica	MicroSD
Povezljivost	/	10/100 Mbit/s Ethernet	10/100 Mbit/s Ethernet
Mere	85.60 mm × 56 mm	85.60 mm × 56 mm	85.60 mm × 56 mm
Teža	45 g	45 g	45 g

Tabela 3.1: Primerjalna tabela verzij RPI [29]

3.2 UDOO

UDOO je večfunkcijska platforma za Android, Linux in Google ADK 2012 (Accessory Development Kit) ter je prikazana na Sliki 3.2. Bil je predstavljen kot Kickstarter projekt, ki je dobil v 60 dneh 4.172 donacij in 641.614 dolarjev. UDOO je zasnovan tako, da nudi prilagodljivo okolje za razvoj novih internetnih stvari (angl. internet of things). Z njim je mogoča menjava operacijskih sistemov Linux in Android z zamenjavo MicroSD kartice ter ponovnega zagona sistema [37].

3.2.1 Programska oprema

Linux

UDOO je SBC, ki temelji na procesorju Freescale i.MX 6 ARM Cortex-A9 CPU Dual/Quad core 1GHz, na katerem teče okrnjena verzija Linux Ubuntu, ki temelji na arhitekturi ARM in se imenuje Linaro. Linaro okolje ima naloženo vse potrebno za razvoj aplikacij [38].

Android

UDOO podpira tudi Android, na katerem teče gladko in omogoča vso funkcionalnost Android naprave. Verzija je odvisna od trenutne verzije Androida na trgu.



Slika 3.2: SBC UDOO Quad

Aplikacije lahko razvijamo z ADK in Arduino kompatibilno ploščo, namenjeno razvijanju pripomočkov in pametnih naprav za Android [38].

Arduino

UDOO je združljiv z vsemi skicami in vajami, ki so na voljo za Arduino, kot tudi z vsemi senzorji in stikali za Arduino DUE, ki so na voljo na trgu [38].

3.2.2 Strojna oprema

Obstajajo tri verzije UDOO, in sicer UDOO dual, UDOO dual lite in UDOO quad. Njihova primerjava je narejena v spodnji Tabeli 3.2.

	UDOO Dual	UDOO Dual Lite	UDOO Quad
CPE	2x ARM Cortex-A9 @1 GHz + 1x ARM Cortex-M3	2x ARM Cortex-A9 @1 GHz + 1x ARM Cortex-M3	4x ARM Cortex-A9 @1 GHz + 1x ARM Cortex-M3
GPE	Vivante GC2000 + GC880 + GC320	Vivante GC880 + GC320	Vivante GC2000 + GC355 + GC320

Pomnilnik	1 GB DDR3	1 GB DDR3	1 GB DDR3
Cena	94 \$	108 \$	130 \$

Tabela 3.2: Primerjava različnih UDOO SBC [38]

3.3 Odroid

Odroid, prikazan na Sliki 3.3, je serija SBC in tabličnih računalnikov, ki jih proizvaja podjetje Hardkernel, ki je locirano v Južni Koreji in deluje kot odprto kodno podjetje za ustvarjanje strojne opreme. Že ime Odroid pove, da gre za »open android«, ki pa ni čisto odprt na strojni opremi [20].

3.3.1 Programska in strojna oprema

Programska in strojna oprema je prikazana v Tabeli 3.3

	ODROID-U3	ODROID-XU	ODROID-W
CPE	1.7 GHz Exynos 4412 Prime	Exynos 5410 Octa big.LITTLE ARM Cortex-A15 @ 1.6 GHz quad-core in ARM Cortex-A7 @ 1.2 GHz quad-core CPE	Broadcom BCM2835 ARM11 @ 700 MHz
GPE	Mali-400 MP4quad-core 533 MHz	Power VR-SGX544MP3 (OpenGL ES2.0, OpenGL ES 1.1, in OpenCL 1.1 EP)	/

Pomnilnik	2 GB LPDDR2 PoP (Package on Package)	2 GB LPDDR3 PoP (Package on Package)	512MB DDR2 SDRAM
Prostor za spominsko kartico	MicroSD	MicroSD	MicroSD
USB	3 × USB 2.0 1 x USB 2.0 AD- B/Mass Storage (Micro USB)	4 × USB 2.0 1 x USB 3.0, 1 x USB 3.0OTG	1 x USB 2.0
Video	Micro HDMI pri- ključek	Micro HDMI priključek 1.4a output Type-D, MIPI DSI in ekran občutljiv na dotik I ² Cports	MicroHD pri- ključek 1.4a output Type-D
Audio	3.5 mm zvočni priključek in HDMI	3.5 mm zvočni priključek in HDMI	/
Povezljivost	10/100 Ethernet	10/100 Ethernet	/
Operacijski sistem	Android, Ubuntu, Arch Linux	Android, Ubuntu,	/
Cena	65 \$	169 \$	30 \$

Tabela 3.3: Primerjava različnih Odroid SBC [19]

3.4 Wandboard

Wandboard, prikazan na sliki 3.4, je še eden v seriji SBC, ki so ga v svojem prostem času ustvarili inženirji, ki se ukvarjajo z arhitekturo ARM. Glavno vodilo njihovega razvoja je bilo, da bi dodali računalnikom na enem vezju še fleksibilnost pri začetnem razvoju, ki je mnoge podobne naprave ne omogočajo. Odločili so se



Slika 3.3: SBC Odroid x2

za modularni sistem, ki ga lahko zasnuje že skoraj vsak. Wandboard projekt je zasnovan kot neprofitni projekt, saj vsi razvijalci delajo kot prostovoljci [40].

3.4.1 Programska oprema

Za Wandboard je na voljo več različnih Linux distribucij za arhitekturo ARM. Uradne verzije so:

Android Jellybean, Android KitKat, Ubuntu 12.04.3 armel in Yocto 1.5 armhf, slednji je nekakšen medijski center [42]. Obstajajo pa še štiri druge verzije Arch Linux ARM, Debian, Fedora, FreeBSD, ki so opisane spodaj.

Arch Linux ARM

Arch Linux ARM je distribucija Linuxa za ARM računalnike. Zagotavlja podporo za jedro in programsko opremo za soft-float ARMv5te in hard-float ARMv6 in ARMv7 arhitekturo računalnikov oziroma razvijalskih platform [2].

Debian

Debian projekt sestavlja skupina posameznikov, katerih cilj je narediti brezplačni operacijski sistem, imenovan Debian.



Slika 3.4: Wandboard Quad

Debian uporablja jedro FreeBSD-ja ali Linuxa. Distribucije Debiana so: Damn Small Linux, Knoppix, Linspire, Freespire, Mepis, Ubuntu, Kubuntu, Xubuntu, Edubuntu, Xandros [4].

Fedora

Fedora je operacijski sistem, ki temelji na Linux jedru, ki ga je razvila skupnost Fedora projekt in je v lasti Red Hat-a [5].

FreeBSD

FreeBSD je odprtokodni operacijski sistem, ki izvira iz UNIXA. Je zelo zanesljiv in robusten, zato se uporablja za operacijske sisteme strežnikov [6].

3.4.2 Strojna oprema

Strojna oprema je prikazna v Tabeli 3.4

	andboard Solo	Wandboard Dual	Wandboard Quad
CPE	Freescall i.MX6 Solo, Cortex-A9 Single core	Freescall i.MX6 Duallite, Cortex-A9 Dual core	Freescall i.MX6 Quad, Cortex-A9 Quad core
GPE	Vivante GC 880 + Vivante GC 320	Vivante GC 880 + Vivante GC 320	Vivante GC 2000 + Vivante GC 355 + Vivante GC 320
Polnilnik	512 MB DDR3	1GB DDR3	2GB DDR3
Zvok	DA	DA	DA
HDMI	DA	DA	DA
Vmesnik za kamero	DA	DA	DA
Micro-SD reža	2	2	2
Zaporedna vrata	DA	DA	DA
USB 3.0	1	1	1
USB OTG	1	1	1
SATA	NE	DA	DA
Gigabit LAN	DA	DA	DA
WiFi (802.11n)	NE	DA	DA
Bluetooth	NE	DA	DA
Cena	79 \$	99 \$	129 \$

Tabela 3.4: Primerjava različnih Wandboard SBC [40]

3.5 Primerjava

Danes je možno izbirati med več različnimi SBC. Nekateri izmed njih ponujajo boljše delovanje, imajo več pomnilnika, večje število različnih priključkov, nekateri pa ponujajo le minimalno opremo, ki je potrebna za njihovo delovanje. Nekatere izmed teh naprav je mogoče povezati z namensko strojno opremo preko splošnih vhodno-izhodnih (angl. input-output) komponent, druge pa so bolj integrirane ter manj prilagodljive, zato takšna povezava pri njih ni mogoča. Večina jih temelji na arhitekturi ARM in na njih tečejo operacijski sistemi, kot so recimo različne distribucije Linuxa in Androida, z arhitekturo x86 pa je mogoč zagon operacijskega sistema Windows [32].

Za primerjavo sem izbral štiri modele, katerih primerjava je prikazana v Tabeli 3.5. Kinect sem testiral na RPI in ni deloval. Potem sem se lotil iskanja, na katerem SBC bi deloval, in našel Odroid, s katerim Kinect deluje. Iskal sem še cenovno ugodnejše naprave in našel Wandboard ter UDOO, za katera še ni bilo preverjeno, ali Kinectom delujeta ali ne. Potem sem izbral Wandboard, ki je malo cenejši od UDOO, in Kinect z določenimi knjižnicami na njem lepo deluje.

	RaspberryPI model B	Odroid x2	UDOO Quad	Wandboard Quad
CPE	700 MHz ARM1176JZF-S core (ARM11 družine, ARMv6)	1.7 GHz Exynos 4412	4x ARM Cortex-A9 @1 GHz + 1x ARM Cortex-M3	Cortex-A9 Quad core
GPE	Broadcom Video- Core IV 250 MH	Mali-400 MP4quad- core 440 MHz	Vivante GC2000 + GC355 + GC320	Vivante GC 2000 + Vivante GC 355 + Vivante GC 320
Polnilnik	512 MB DDR	2 GB DDR2	1 GB DDR3	2 GB DDR3
Cena	35 \$	169 \$	130 \$	129 \$

Tabela 3.5: Primerjava različnih SBC

Poglavje 4

Različne knjižnice in SDK-ji na različnih operacijskih sistemih

4.1 OpenNI

OpenNI (angl. Open Natural Interaction) je neprofitna organizacija, ki se ukvarja, kot je že iz samega imena razvidno, z naravno interakcijo ljudi z napravami in izboljševanjem le-te. Organizacija je nastala leta 2010, eden izmed njenih glavnih partnerjev je PrimeSensor, ki je razvil tehnologijo oziroma globinski senzor za MS Kinect. Drugi člani so AppSide, Asus, Slide-kick, Willow Garage.

Enako ime nosi SDK, ki služi za razvijanje aplikacij in vmesnih knjižnic na 3D napravah, njegova arhitektura je vidna na Sliki 4.1. Z orodjem lahko zaznavamo gibanje in dele telesa, kretnje in glasovne ukaze. Namenjen je predvsem napravam Asus XtionPro in Asus XtionPro Live, deluje pa tudi na Kinectu. Deluje na operacijskih sistemih Linux, Windows in OSX, in na arhitekturah x86, x64 in tudi ARM. Spletno stran OpenNI so ukinili 23. 4. 2014, sedaj pa se naprej razvija na strani *structure.io*, kjer razvijajo OpenNI naprej pod imenom OpenNI 2.

Plast, ki jo pokriva OpenNI, je vmesna plast med 3D napravo in aplikacijo oziroma vmesnimi knjižnicami. V njej so shranjeni različni gonilniki za različne naprave.

Prednost OpenNI je, da je odprtokoden in deluje praktično na vseh operacijskih sistemih ter ni vezan na tip senzorske naprave.



Slika 4.1: Arhitektura razvijalskega orodja OpenNI

Za skupno delovanje OpenNi-ja in Kinecta je potreben še SensorKinect, ki ga je prav tako razvilo podjetje PrimeSense, in je gonilnik za Kinect [23].

4.2 OpenNI2

OpenNI2 je odprtokodno razvijalsko orodje, s katerim lahko razvijamo vmesne knjižnice in aplikacije za 3D senzorje. Ko je podjetje Apple kupilo podjetje PrimeSense, so ukinili spletno stran *openni.org*. Takoj po ukinitvi so vso dokumentacijo in kodo prestavili na spletno stran *structure.io*, ki se ukvarja z razvojem 3D senzorjev za mobilne naprave. Deluje na platformah, kot so OSx, Windows x64 in x86, Linux x64, x86 in ARM, razvijajo pa ga tudi za iOS [24].



Slika 4.2: Arhitektura vmesne knjižnice NiTE

4.3 NITE

NiTE je vmesna knjižnica in je prikazana na Sliki 4.2, razvili pa so jo PrimeSense. Knjižnica je namenjena analizi:

- telesa – zazna skeletne točke oz. sklepe na telesu,
- rok – sledenje rokam,
- gest – zaznava gest,
- okolja – identifikacija oblik iz okolja in njihove koordinate.

NiTE identificira uporabnike in njihove geste ter nam prinaša programski vmesnik (API) za implementiranje naravnega uporabniškega vmesnika [26].

4.4 OpenKinect

OpenKinect predstavlja odprto skupnost ljudi, ki skušajo združiti Kinectovo strojno opremo z osebnimi računalniki in drugimi napravami. Skupnost dela na brezplačnih odprtokodnih knjižnicah, ki omogočajo uporabo Kinecta na operacijskih sistemih Windows, Linux in Mac.

V skupnost OpenKinect je vključenih več kot 2000 članov, ki prispevajo svoj čas za razvoj projekta. Člani so se projektu priključili z namenom, da bi izdelali najboljšo možno zbirko knjižnic in aplikacij za Kinect. Trenutno predstavlja glavno nalogo razvoj libfreenect programske opreme oziroma zbirko knjižnic, ki je na voljo pod Apache20 ali opcijsko tudi GPL2 licenco.

Zgodba o OpenKinectu se je začela novembra 2010, ko je Héctor Martin objavil Linux gonilnik, ki je dobil iz Kinecta RGB sliko in globinsko sliko. Takrat je tudi Microsoft izrazil željo, da bi javno objavil gonilnike in programsko ogrodje (angl. framework) za Kinect. Tudi PrimeSense je takrat začel iniciativo, da bi ponudili odprtokodno rešitev, s čimer se je začel razvoj OpenNi-ja.

Programska oprema libfreenect vključuje vso potrebno kodo za aktiviranje, inicializacijo in posredovanje podatkov s strojne opreme Kinecta. To vključuje gonilnike in API-je, ki delujejo na operacijskih sistemih Windows, Linux in OS X. API pa so podprti za naslednje jezike:

- C,
- C++,
- C#,
- VB.NET,
- Java,
- Python,
- JavaScript,
- Actionscript.

Knjižnice komunicirajo z OpenKinect API-ji in analizirajo surove podatke ter jih pretvarjajo v koristnejše. Preko API pa lahko dostopamo do:

- RGB in globinske slike,
- motorčka,
- akselometra,

- LED lučk,
- mikrofona.

Glavna razlika v primerjavi z OpenNI knjižnico je, da libfreenect ne omogoča naprednih funkcionalnosti v smislu sledenja okostju, rokam itd., ampak je omogočen dostop samo do surovih podatkov [22].

4.5 Microsoft Kinect SDK

MS Kinect za Windows SDK je uradna knjižnica s strani Microsofta za MS Kinect za računalnike z operacijskim sistemom Windows. Knjižnica deluje samo na operacijskih sistemih Windows 7 in 8 ter na arhitekturi x86 oziroma x64. Vsebuje programski uporabniški vmesnik (API), ki omogoča dostop do globinskega senzorja, RGB kamere, štirih mikrofonov in motorčka v podstavku, pa tudi do skeletne slike uporabnika, zaznave zvoka z izločevanjem šuma, lociranje izvora zvoka in prepoznavo glasu. Ker je bil Kinect zasnovan za Xbox, deluje na podobni strojni opreми:

- dvojedrni procesor s 2.66 GHz,
- Windows 7 kompatibilnih grafičnih karticah, ki podpirajo DirectX 9.0,
- 2 GB pomnilnika.

Razvite so bile naslednje verzije:

- Kinect za Windows SDK 1.8 (november 2013),
- Kinect za Windows SDK 1.7 (marec 2013),
- Kinect za Windows SDK 1.6 (oktober 2012),
- Kinect za Windows SDK 1.5 (maj 2012),
- Kinect za Windows SDK 1.0 (februar 2012).

S prihodom Kinecta v2 pa je seveda prišel tudi nov SDK Kinect za Windows SDK 2.0 [12].

4.6 Kinect za Windows SDK 2

Kinect v2 senzor za Windows in SDK 2.0. uporabljata naravne interakcije uporabnikov z računalniki na višji ravni, ki ponuja večjo splošno natančnost, odzivnost ter novo zmožnost prepoznave glasu in kretenj na računalnikih. Barvna kamera Kinect v2 senzorja je izboljšana s polnim 1080p videom, ki ga je mogoče prikazati v enaki ločljivosti kot na ekranu. Večja natančnost globine omogoča, da se manjše predmete bistveno lažje vidi in bolje prepozna 3D predmete. Poleg tega je možno sledenje šestim osebam in 25 sklepom telesa, položaji teles pa so bolj natančno določeni. Več značilnosti je prikazanih v Tabeli 4.1

Izboljšave	Opis	Potencialne aplikacije / izboljšave
Izboljšana zaznava okostja, rok in zaznava večih uporabnikov.	Sposobnost spremljanja šestih ljudi in 25 sklepov telesa posamezne osebe – vključno z novo dodanimi sklepi, med katerimi so konice prstov, palci in ramena. Izboljšano zaznavanje okostja, ki omogoča anatomsko pravilnejše položaje ter omogoča lepše prepoznave uporabnikov.	Novi in boljši scenariji na področju fitnesa, wellnessa, izobraževanja in usposabljanja, razvedrila, iger, filmov in komunikacij.

Podpora za nova razvojna orodja.	Nova Unity podpora omogoča hitrejšo, stroškovno učinkovitejšo in visoko kakovostno podporo za razvoj. Možen je tudi razvoj aplikacij za Windows trgovino (angl. Windows Store).	Razvoj in objava aplikacij za Windows trgovino (Windows Store).
Zmogljiva orodja.	S Kinect studijem lahko razvijalci razvijajo kjer koli saj ne potrebujejo Kinecta. Vizualni graditelj kretenj omogoča razvijalcem izgradnjo lastnih prilagojenih kretenj, ki jih sistem prepozna s pomočjo strojnega učenja.	Povečana produktivnost in stroškovno učinkovitejša rešitev.
Napredno sledenje obraznim potezam.	Z ločljivostjo, ki je povečana 20-kratno, aplikacije lahko zajamejo obraz z 2000 točkami, kar zgleda bolj resnično. To pa pomeni, da so uporabniki videti bolj realno.	Izgradnja oziroma možen prikaz realnejših uporabnikov.

Simultan dostop do Kinecta.	Omogoča istočasen dostop do Kinect senzorja iz večih aplikacij.	Z razvijanjem aplikacij za trgovine lahko ena aplikacija dela analizo, druga pa je npr. za testiranje v trgovini in vse dela en Kinect.
-----------------------------	---	---

Tabela 4.1: Izboljšava Kinect v2 SDK [16]

4.7 Pregled aplikacij, razvitih z odprtokodnimi orodji

4.7.1 Libfreenect

Aplikacij, narejenih s pomočjo knjižnice libfreenect, je kar nekaj, od preprostih, kot je na primer aplikacija za upravljanje računalniške miške z roko, do kompleksnejših, kot je 3D bralnik človeškega telesa. Zanimive aplikacije razvite s libfreenect so [27]:

- **Igra človeški tetris** je zanimiva igra, kjer sodelujeta dva igralca, ki se morata postaviti v takšno obliko, kot je prikazano na ekranu, da lahko gresta skozi premikajoči se zid [18].
- **3D bralnik človeškega telesa**, ki ga je uspelo razviti podjetju TC2 s pomočjo štirih Kinectov, izriše model s pomočjo naprednih algoritmov, ki ga potem zgladijo [1].
- **Virtualni klavir** je zasnovan tako, da Kinect prepozna premike telesa ter prstov in jih skuša primerjati s pravim igralcem klavirja [39].

4.7.2 OpenNI

Več aplikacij je razvitih s programskim ogrodjem (amgl. framework) OpenNI in knjižnico NiTE, ker je razvoj lažji, ker lahko neposredno dostopamo do skeleta uporabnika in drugih gest. Nekaj primerov je naštetih spodaj.

- **Smučar (angl. SkiRanger)** je igrice, ki prepozna okostje uporabnika in ga simulira kot smučarja. Deluje pa samo na operacijskih sistemih Windows [34].
- **Raziskovanje in barvanje hiše** je aplikacija s pomočjo katere raziskujemo in barvamo hišo oziroma razne predmete okrog nje [8].
- **Robotski operacijski sistem (Robot Operating System, ROS)** je odprtokodni projekt, osredotočen na integracijo PrimeSense senzorje z robotskim operacijskim sistemom [31].

Razvitih je tudi nekaj aplikacij, ki prepoznajo zvočne geste.

4.8 Povzetek

Največ različnih knjižnic in aplikacij za MS Kinect je, pričakovano, za Windows operacijski sistem, vendar pa bi lahko bilo več aplikacij in igrice, zato na tem področju vidim nek neizkoriščen potencial. Kar se tiče Linuxa, sta samo dve različni knjižnici, in sicer OpenNI s SenzorKinect-om in NiTE ter libfreenect. Testiral sem obe na x86 Ubuntu in delujeta, na arhitekturi ARM pa deluje samo libfreenect.

Poglavje 5

Implementacija knjižnic na različne SBC

5.1 Postopek dela

Najprej sem se lotil raziskovanja obstoječih rešitev na operacijskih sistemih Linux. Našel sem kar nekaj delujočih rešitev, zato sem jih tudi sam poizkusil naložiti na prenosni računalnik s karakteristikami:

- CPU: Intel Celeron 430 @ 1.73 GHz,
- GPU: Intel Mobile 945 GM/GMS,
- pomnilnik: 2 GB,
- prostor na disku: 80 GB,
- leto izdaje: 2005.

Na računalniku deluje operacijski sistem Linux Ubuntu 12.04 z arhitekturo x86. V okviru testiranja sem najprej naložil SenzorKinect, ki mora biti nujno verzije 5.1.2.1, in potem OpenNI verzije 1.5.7.10. Ko sem to stestiral, sem se lotil iskanja pravilne NiTE vmesne knjižnice, vendar pa je zaradi ukinjene spletne strani PrimeSens, kjer so razvili NiTE vmesno knjižnico, postopek trajal kar nekaj časa, saj ni nikjer na voljo celovite dokumentacije. Našel sem NiTE verzijo 1.5.2.21, ki

je delovala, in naložil še PyOpenNI, ki je Python knjižnica za OpenNI, s katero je mogoče dostopati do podatkov o npr. skeletu, rokah ... uporabnika.

Za testiranje sem napisal preprosto aplikacijo, ki simulira tipkovnico in s pomočjo premika roke levo ali desno lista galerijo v brskalniku. Spodaj so prikazane osnovne funkcije PyOpenNI knjižnice v Pythonu 5.1.

Programska koda 5.1: Prikaz preproste aplikacije za sledenje rok [28]

```
from openni import *

context = Context()
context.init ()

#pridobivanje podatkov o globini
depth_generator = DepthGenerator()
depth_generator.create(context)
depth_generator.set_resolution_preset (RES_VGA)
depth_generator.fps = 30

gesture_generator = GestureGenerator()
gesture_generator.create(context)
gesture_generator.add_gesture('Wave')

hands_generator = HandsGenerator()
hands_generator.create(context)

# zaznava geste
def gesture_detected(src, gesture, id, end_point):
    print "Detected gesture:", gesture
    hands_generator.start_tracking(end_point)
```



```
# premik rok
def gesture_progress(src, gesture, point, progress): pass

# kreiranje novega uporabnika
def create(src, id, pos, time):
    print 'Create ', id, pos

# osvezi
def update(src, id, pos, time):
    print 'Update ', id, pos

# izhod
def destroy(src, id, time):
    print 'Destroy ', id

# zaznava rok
gesture_generator.register_gesture_cb (gesture_detected,
                                         gesture_progress)
hands_generator.register_hand_cb(create, update, destroy)

# zacetek
context.start_generating_all ()
```

5.2 Pregled obstoječih rešitev

Po končanem projektu na prenosniku sem se lotil raziskave, kako delujeta OpenNI in libfreenect na SBC, in našel kar nekaj blogov na to temo. Delovala naj bi na Ondroidu x2, Beagle Boardu-XM [13] in še nekaterih drugih SBC. Na nekaterih blogih sem zasledil, da je nekaterim uspelo dobiti podatke iz globinskega senzorja na RPI. Na več blogih pišejo o problemih pri namestitvi ter delovanju OpenNI in SensorKinect driverja na arhitekturi ARM, vendar pa Kinecta knjižnica OpenNI ne

zazna, čeprav je viden med napravami, priklopljenimi na računalnik. Mnogi pišejo tudi o izgubi podatkov o globini [10].

5.3 Implementacija na RPI

Na RPI sem najprej namestil Raspbian in preveril, če deluje Kinect z gonilniki za RGB kamero, ki so že nameščeni na RPI, in ugotovil, da kamera normalno deluje. Potem sem namestil vse potrebne knjižnice, ki so potrebne za namestitvev OpenNI in SenzorKinect gonilnika. Že pri temu procesu se je videlo, kako ima RPI omejeno računalniško moč. Obe omenjeni knjižnici sem uspešno namestil in preizkusil Kinect, ki pa ni deloval. Poizkušal sem tudi z namestitvijo drugega jedra, kot je napisano na RPI forumu [15], vendar tudi brez uspeha.

Brez težav sem namestil libfreenect knjižnico in pognal aplikacije, ki so priložene knjižnici, vendar niso delovale, saj knjižnice potrebujejo OpenGL, ki pa ga RPI ne podpira v celoti. Odstranil sem vse grafične odvisnosti iz primerov in ponovno poizkusil, ampak tudi tako ni delovalo oziroma je deloval samo motorček Kinecta. Poskušal sem z razhroščevanjem in prišel do ugotovitve, da je razlog za nedelovanje USB vhod, ki dobi preveč podatkov, ki jih ne zmore sprocesirati.

5.4 Implementacija na Wandboardu

Najprej sem na SD kartico namestil Debian, pri čemer se je že ob prvem zagonu izkazalo, da gre za močnejšo napravo od RPI. Ločljivost je bila 1920 x 1080 in operacijski sistem je lepo deloval, le prostora na SD kartici je bilo le 800 MB, saj ga je potrebno vedno razširiti. Uspešno sem namestil vse odvisne knjižnice za OpenNI in SenzorKinect gonilnik. Poskušal sem pognati primer, ki pa ni deloval. Javilo je napako: "Open failed: Failed to set USB interface!" Knjižnico sem namestil po navodilih s foruma [10], kjer sem zasledil, da je potrebno spremeniti USB vhod v gonilnikih in izbrisati »gspca_kinect«, vendar pa knjižnica kljub temu še vedno ni delovala. Na nekaterih forumih pišejo, da je problem v USB 3.0.

Po dolgem testiranju sem poizkusil še libfreenect, ki je je delovala brez težav. Knjižnica sama vrača le surove podatke o globini, zato sem namestil še OpenCV (Open Computer Vision), s katerim se lahko obdeluje podatke iz globinskega sen-

zorja. Za to lahko uporabljamo Python, Javo in MATLAB/OCTAVE. Najdemo tudi ovojne knjižnice v jazikih C# in Ruby.

5.5 Povzetek

Najbolj uporabna in preprosta za uporabo je knjižnica libfreenect OpenKinect skupnosti, ki je delovala brez težav na vseh napravah in operacijskih sistemih, z izjemo RPI. Za razvoj aplikacij s pomočjo te knjižnice je potrebno naložiti še OpenCV. OpenNI je delovala samo na prenosniku z arhitekturo x86 in operacijskim sistemom Ubuntu. Problem je nastal zaradi ukinitve spletne strani in podpore za OpenNI, saj nikjer ni celovite dokumentacije in predstavljenih verzij za PrimeSense gonilnik. Ko se bo skupnost preselila na *structure.io* in bo projekt OpenNI2 zaživel, bo lažje nameščati in testirati na različnih SBC.

Najbolj preprost za uporabo je Microsoftov SDK za Windows, ki je lepo dokumentiran in opremljen z uporabnimi primeri, zato priporočam razvoj na operacijskih sistemih Windows, kjer je razvoj hiter. Če pa to ni mogoče, pa je primeren razvoj na arhitekturi x86 ali x64 z operacijskim sistemom Ubuntu in odprtokodnimi knjižnicami, omenjenimi zgoraj.

Poglavje 6

Sklepne ugotovitve

V prvem delu diplomske naloge sem dodobra spoznal Microsoft Kinect, njegove komponente in delovanje. Spoznal sem tudi njegovo zgodovino in alternative tako za računalnik kot za igralne konzole. Opisal sem razliko v primerjavi z novim Kinect v2 za Windows senzorjem.

V nadaljevanju sem predstavil nekaj računalnikov na enem vezju (angl. Single-board computer, SBC), na katerih sem želel preizkusiti delovanje Kinecta. Opisal sem njihovo strojno in programsko opremo.

V drugem delu, ki je sestavljen predvsem iz programskega dela, sem opisal možne knjižnice ter SDK za različne operacijske sisteme in platforme. V zadnjem delu pa sem opisal moje izkušnje z različnimi SBC in knjižnicami, ki naj bi delovale na različnih operacijskih sistemih in platformah.

Ugotovil sem, da so SBC dobre naprave in da je njihova uporaba neskončna, vendar pa je pri nekaterih stvareh bolje posegati po originalnih SDK in knjižnicah, ki dobro delujejo, kar dokazuje tudi Kinect, ki je najbolje deloval na računalniku z operacijskim sistemom Windows 8 in originalnim SDK. Ne bi pa izključil kombinacije SBC s Kinectom, ki ima kar nekaj prednosti, kot so cena, mobilnost, majhna poraba energije. Izbira je smiselna, če uporabnik potrebuje samo osnovne operacije oziroma sam razvije funkcije za naprednejšo detekcijo.

Slike

2.1	Komponente MS Kinecta	4
2.2	Delovanje globinskega senzorja	5
2.3	CREATIVE SENZ3D	6
2.4	DepthSense 311	7
2.5	Senzor MS Kinect v2	10
2.6	Primer uporabe MS Kinecta	11
2.7	Zaznava skeletnega toka	12
3.1	Primer SBC – RaspberryPI	14
3.2	SBC UDOO Quard	18
3.3	SBC Odroid x2	21
3.4	Wandboard Quard	22
4.1	Arhitektura razvijalskega orodja OpenNI	28
4.2	Arhitektura vmesne knjižnice NiTE	29

Tabele

2.1	Izboljšave Kinect v2 senzorja [16]	9
3.1	Primerjalna tabela verzij RPI [29]	17
3.2	Primerjava različnih UDOO SBC [38]	19
3.3	Primerjava različnih Odroid SBC [19]	20
3.4	Primerjava različnih Wandboard SBC [40]	23
3.5	Primerjava različnih SBC	25
4.1	Izboljšava Kinect v2 SDK [16]	34

Literatura

- [1] 3D Body Scanning Demo. Dostopno na:
https://www.youtube.com/watch?v=9MwS_nk9n2A
- [2] Arch Linux. Dostopno na:
<https://www.archlinux.org/>
- [3] CREATIVE SENZ3D. Dostopno na:
<http://us.creative.com/p/web-cameras/creative-senz3d>
- [4] Debian. Dostopno na:
<https://www.debian.org/>
- [5] Fedora. Dostopno na:
<http://fedoraproject.org/>
- [6] FreeBSD. Dostopno na:
<https://www.freebsd.org/>
- [7] Gesture - Wikipedia. Dostopno na:
<http://en.wikipedia.org/wiki/Gesture>
- [8] House browsing and painting with the Kinect. Dostopno na:
<http://www.kinecthacks.com/house-browsing-and-painting-with-the-kinect/>
- [9] How Microsoft Kinect Works. Dostopno na:
<http://electronics.howstuffworks.com/microsoft-kinect2.htm>
- [10] How to compile OpenNi and SensorKinect on arm processors. Dostopno na:
<http://daybydaylinux.blogspot.com/2012/12/how-to-compile-openni-and-sensorkinect.html>

-
- [11] Interactive Dressing Room. Dostopno na:
<http://www.fitnect.hu/>
 - [12] Jarrett Webb, James Ashley: *Beginning Kinect Programming with the Microsoft Kinect SDK*, 2012, str. 9-13.
 - [13] OpenNI on Beagle Board-XM. Dostopno na:
[http://youngindiafellowship.academia.edu/JatinSharma/Posts/323707/OpenNI on Beagle Board-XM](http://youngindiafellowship.academia.edu/JatinSharma/Posts/323707/OpenNI-on-Beagle-Board-XM)
 - [14] Kinect - Wikipedia. Dostopno na:
<http://en.wikipedia.org/wiki/Kinect>
 - [15] Kinect - Would it ever work with a Raspberry Pi? Dostopno na:
<http://www.raspberrypi.org/forums/viewtopic.php?f=37&t=4530>
 - [16] Kinect for Windows features. Dostopno na:
<http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/meetkinect/features.aspx>
 - [17] Kinect for Windows SDK beta launches. Dostopno na:
<http://www.engadget.com/2011/06/16/microsoft-launches-kinect-for-windows-sdk-beta-wants-pc-users-t/>
 - [18] Kinect Human Tetris. Dostopno na:
<http://vimeo.com/21141396>
 - [19] Odroid - Wikipedia. Dostopno na:
<http://en.wikipedia.org/wiki/Odroid>
 - [20] Odroid. Dostopno na:
<http://www.hardkernel.com/main/main.php>
 - [21] Open Source Sets Microsoft's Kinect Free. Dostopno na:
<http://www.opensourceforu.com/2012/02/open-source-sets-microsofts-kinect-free/>
 - [22] OpenKinect. Dostopno na:
http://openkinect.org/wiki/Main_Page

-
- [23] OpenNI. Dostopno na:
<http://www.openni.org>
- [24] OpenNI2. Dostopno na:
<http://structure.io/openni>
- [25] PDF - Human Interface Guidelines v1.8. Dostopno na:
<http://go.microsoft.com/fwlink/?LinkID=247735>
- [26] PrimeSense. Dostopno na:
<http://www.primesense.com>
- [27] Project ideas. Dostopno na:
http://openkinect.org/wiki/Project_ideas
- [28] PyOpenNI. Dostopno na:
<https://github.com/jmendeth/PyOpenNI>
- [29] Raspberry Pi - Wikipedia. Dostopno na:
http://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi
- [30] RaspberryPi - DOWNLOADS. Dostopno na:
<http://www.raspberrypi.org/downloads/>
- [31] ROS. Dostopno na:
http://wiki.ros.org/openni_kinect
- [32] Single-board computer - Wikipedia. Dostopno na:
http://en.wikipedia.org/wiki/Single-board_computer
- [33] Skeletal Tracking. Dostopno na:
<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh973074.aspx>
- [34] SkiRanger. Dostopno na:
<http://www.skirangergame.com/>
- [35] SoftKinetic. Dostopno na:
<http://www.softkinetic.com/>

- [36] Technical documentation and tools. Dostopno na:
<http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/develop/downloads-docs.aspx>
- [37] UDOO - Wikipeda. Dostopno na:
<http://en.wikipedia.org/wiki/UDOO>
- [38] UDOO. Dostopno na:
<http://www.udoo.org/>
- [39] Virtual piano using Kinect. Dostopno na:
https://www.youtube.com/watch?v=Vm3uuUX8e_s
- [40] Wandboard. Dostopno na:
<http://wandboard.org/>
- [41] What is a raspberry pi? Dostopno na:
<http://www.raspberrypi.org/help/what-is-a-raspberry-pi/>
- [42] Wiki.wandboard Dostopno na:
http://wiki.wandboard.org/index.php/Main_Page
- [43] Xtion PRO. Dostopno na:
http://www.asus.com/Multimedia/Xtion_PRO/